

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Eiji SATO, et al.

Application No.: Unassigned
Filed: Herewith
For: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

Group No.: Unassigned
Examiner: Unassigned

JC978 U.S. PRO
10/039309
11/07/01

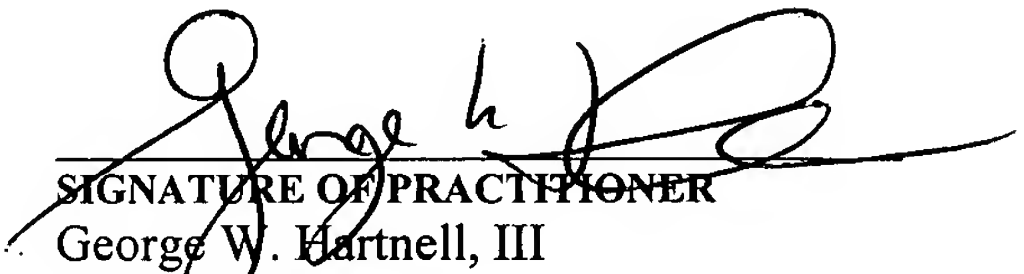
Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country: Japan
Application Number: 2000-342357
Filing Date: 9 November 2000

Customer No.: 21874


SIGNATURE OF PRACTITIONER
George W. Hartnell, III
Reg. No. 42,639

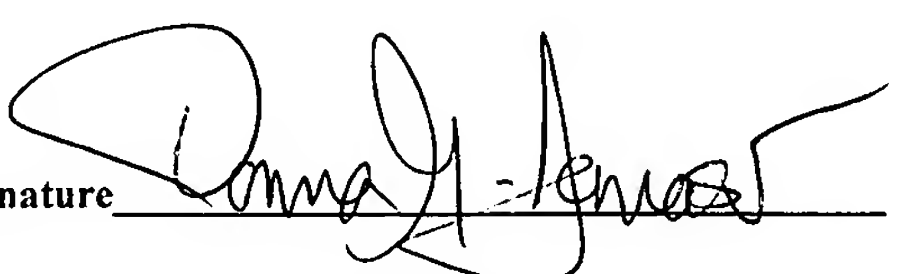
Dike, Bronstein, Roberts & Cushman
Intellectual Property Practice Group
EDWARDS & ANGELL, LLP
P.O. Box 9169
Boston, MA 02209
Tel. No.: (617) 517-5523
182171

CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. 1.10)

I hereby certify that this correspondence is, on the date shown below, being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as Express Mail (Label No. EL789782472US) in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

Date: November 7, 2001

Signature


Donna M. Tomaso
(type or print name of person certifying)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC978 U.S. PTO
10/039309
11/07/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-342357

出 願 人

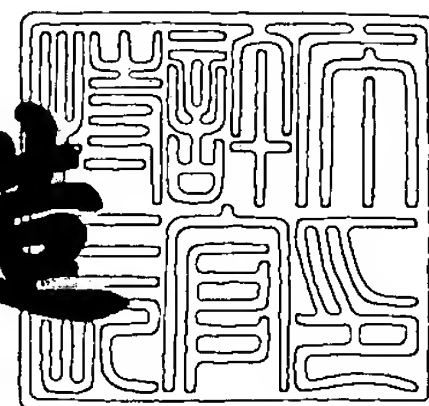
Applicant(s):

シャープ株式会社

2001年 8月31日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3077350

【書類名】 特許願
 【整理番号】 00J03841
 【提出日】 平成12年11月 9日
 【あて先】 特許庁長官 殿
 【国際特許分類】 G02F 1/133

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 佐藤 英次

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 伊藤 康尚

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 寺西 知子

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006011

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶表示素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 液晶層と、前記液晶層を挟持するように設けられた一对の基板と、マトリクス状に配列された複数の画素とを有し、

前記液晶層は、らせん構造を有し、印加電圧に応じて少なくともプレーナー状態およびフォーカルコニック状態の 2 つの安定な状態を呈し、

前記複数の画素のそれぞれにおいて、前記液晶層の厚さ d は少なくとも 2 つの互いに異なる値を有し、且つ、前記液晶層はプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ転移させる第 1 しきい値電圧の値が互いに異なる少なくとも 2 つの領域を有する液晶表示素子。

【請求項 2】 前記液晶層の厚さ d は、前記らせん構造のらせんピッチ P と、 $1 < d / P < 1.5$ の関係を満足する請求項 1 に記載の液晶表示素子。

【請求項 3】 前記複数の画素のそれぞれにおいて、前記液晶層の厚さ d の値がもっとも大きい領域に含まれる前記液晶層をプレーナー状態からフォーカルコニック状態に転移させる前記第 1 しきい値電圧を V_{thFmax} とし、前記液晶層の厚さ d の値がもっとも小さい領域に含まれる前記液晶層をフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態に転移させる第 2 しきい値電圧を V_{thHmin} とするとき、

前記液晶層の厚さ d は、 V_{thFmax} が V_{thHmin} よりも小さくなるように規定されている請求項 1 または 2 に記載の液晶表示素子。

【請求項 4】 前記液晶層の厚さ d の値は、前記複数の画素のそれぞれにおいて不連続に変化する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 5】 前記液晶層の厚さ d の前記少なくとも 2 つの異なる値の差 Δd は、前記らせん構造のらせんピッチ P と、 $0.5P \leq \Delta d$ の関係を満足する請求項 4 に記載の液晶表示素子。

【請求項 6】 前記液晶層の厚さ d の値は、前記複数の画素のそれぞれにおいて連続的に変化する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 7】 前記一对の基板の前記液晶層側に設けられた一对の配向層を

有し、

前記一对の配向層のうち、一方は水平配向層であり、他方は垂直配向層である請求項 1 から 4 および 6 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 8】 前記一对の基板の少なくとも一方が、前記液晶層側に凹凸状の表面を有する請求項 1 から 7 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 9】 前記一对の基板の両方が、前記液晶層側に凹凸状の表面を有する請求項 1 から 8 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶表示素子に関し、特に、らせん構造を有する液晶層を備えた液晶表示素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、液晶表示素子は、薄型で低消費電力であるという特徴を生かして、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどの O A 機器、電子手帳などの携帯情報機器、あるいは液晶モニターを備えたカメラ一体型 V T R などに広く用いられている。特に、反射型液晶表示素子は、携帯性や低消費電力性に優れるだけでなく、屋外での使用にも有利であることから、最近活発に開発されている。

【0 0 0 3】

しかしながら、このように多くの利点を有しているものの、現在実用化されている反射型液晶表示素子は、その反射率（入射光強度に対する反射光強度の比）が低く、周囲光が比較的暗い場合には、視認性が極端に低下するという問題点を有している。

【0 0 0 4】

このように反射率が低いことの主要因としては、現在実用化されている反射型液晶表示素子は何れの方式においても偏光子を一枚あるいは二枚用いる構成となっているために、入射光の 5 0 % 以上がこれらの偏光子により吸収されて表示に利用されることなく損失してしまっている、ということが挙げられる。

【0005】

そこで、偏光子を使用しない反射型液晶表示素子として、特定の波長領域の光を選択的に反射する液晶層（コレステリック液晶層などのらせん構造を有する液晶層）を備えた反射型液晶表示素子が提案されている。

【0006】

コレステリック液晶層がそのらせんピッチに対応した波長の光を選択的に反射する現象は、例えば、Appl. Opt. 7巻9号1729ページ（1968年）、Phys. Rev. 5巻9号577ページ（1970年）等の文献に記載されている。

【0007】

例えば、右巻きのコレステリック液晶層は、 $n_o \cdot p < \lambda < n_e \cdot p$ の範囲の波長 λ をもつ右回りの円偏光（右円偏光）のみを選択的に反射し、それ以外の波長の右回りの円偏光や全ての波長の左回りの円偏光（左円偏光）は透過する。ここで、 n_o および n_e は液晶層の常光および異常光に対する屈折率、 p は螺旋ピッチ、 λ は反射波長である。また、このときの反射中心波長 λ_m は、液晶層の平均屈折率を n_a とすれば、 $\lambda_m = n_a \cdot p$ で表される。一方、左巻きのコレステリック液晶層は、上述した右巻きの場合とは逆に、特定の波長領域の左回りの円偏光のみを選択的に反射する。

【0008】

このように特定の波長領域の光を選択的に反射する液晶層としては、既に挙げたコレステリック液晶層の他に、通常のネマチック液晶材料に光学的に活性なカイラル剤を添加したカイラルネマチック液晶層や、カイラルスメクチック液晶層等が挙げられる。なお、コレステリック液晶層が一般的に雰囲気または紫外線による刺激に対し不安定で信頼性が低いのに対して、カイラルネマチック液晶層は耐光性に優れ、安定であるとともに、らせんピッチの調節が比較的容易であり、選択的に反射する波長領域（以下、「選択反射領域」と記す。）の幅の調節もしやすく材料選択の幅が広いため、実用には一般的にカイラルネマチック液晶層が使用される。

【0009】

これらの液晶層を備えた液晶表示素子においては、液晶層に電圧が印加されることによって、液晶層の配向状態が次のように変化する。まず、電圧が印加されていないときには、液晶層はらせん軸が基板に対して垂直なプレーナー状態である。そして、所定のしきい値を超える電圧が印加されると、液晶層はらせん軸が基板に対してランダム（あるいはほぼ平行）なフォーカルコニック状態となる。

【 0 0 1 0 】

上述の液晶層は、可視光領域に選択反射領域を有する場合には、プレーナー状態では可視光を反射し、フォーカルコニック状態では可視光を透過する。従って、上述の液晶層を備えた液晶表示素子は、印加電圧のON/OFFによって液晶層の光学特性を選択反射と透過とに切り替えて表示を行う反射型液晶表示素子として機能する。

【 0 0 1 1 】

また、上述の液晶層は、可視光領域に選択反射領域を有しない場合、例えば、赤外領域に選択反射領域を有する場合には、プレーナー状態では可視光を透過し、フォーカルコニック状態では可視光を散乱する。従って、上述の液晶層を備えた液晶表示素子は、印加電圧のON/OFFによって液晶層の光学特性を透過と散乱とに切り替えて表示を行う反射型液晶表示素子として機能する。

【 0 0 1 2 】

さらに、上述の液晶層は、プレーナー状態およびフォーカルコニック状態の両方の状態で安定である。このような双安定性を有しているために、上述の液晶層はメモリー性を有しており、書き込み時に印加された電圧による配向状態が、電圧が除去された後にも維持される。

【 0 0 1 3 】

しかしながら、上述の液晶表示素子においては、プレーナー状態とフォーカルコニック状態との中間の状態を安定に制御することは難しく、中間調表示や多階調表示を行うことが困難であるという問題がある。

【 0 0 1 4 】

この問題を解決するために、特開平 1 0 - 3 0 7 2 8 8 号公報は、画素領域内に複数の樹脂壁を形成し、樹脂壁の密度、配列ピッチおよび形状の少なくとも一

つが互いに異なる複数の領域を画素ごとに設ける方法を開示している。

【0015】

この公報に開示されている液晶表示素子においては、画素領域内に樹脂壁が形成されているので、液晶分子の動きは樹脂壁との相互作用により制限される。従って、樹脂壁の密度、配列ピッチまたは形状が互いに異なる複数の領域では、樹脂壁との相互作用により液晶分子の動きが制限される程度がそれぞれ異なる。

【0016】

その結果、上述の公報に開示されている液晶表示素子においては、実質的なしきい値電圧が互いに異なる複数の領域が画素ごとに存在し、そのことによって中間調表示や多階調表示を行うことが可能となる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平10-307288号公報に開示されている液晶表示素子においては、光重合反応および相分離過程を経て樹脂壁を形成するので、製造工程が複雑になるという問題がある。また、画素領域内に樹脂壁が形成されているので、開口率が低下し、コントラスト比が低下するという問題もある。

【0018】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、中間調表示および多階調表示が可能な液晶表示素子を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明による液晶表示素子は、液晶層と、前記液晶層を挟持するように設けられた一对の基板と、マトリクス状に配列された複数の画素とを有し、前記液晶層は、らせん構造を有し、印加電圧に応じて少なくともプレーナー状態およびフォーカルコニック状態の2つの安定な状態を呈し、前記複数の画素のそれぞれにおいて、前記液晶層の厚さdは少なくとも2つの互いに異なる値を有し、且つ、前記液晶層はプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ転移させる第1しきい値電圧の値が互いに異なる少なくとも2つの領域を有し、そのことによって上記目的が達成される。

【0020】

前記液晶層の厚さ d は、前記らせん構造のらせんピッチ P と、 $1 < d/P < 1.5$ の関係を満足することが好ましい。

【0021】

前記複数の画素のそれぞれにおいて、前記液晶層の厚さ d の値がもっとも大きい領域に含まれる前記液晶層をプレーナー状態からフォーカルコニック状態に移させる前記第1しきい値電圧を V_{thFmax} とし、前記液晶層の厚さ d の値がもっとも小さい領域に含まれる前記液晶層をフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態に移させる第2しきい値電圧を V_{thHmin} とするとき、前記液晶層の厚さ d は、 V_{thFmax} が V_{thHmin} よりも小さくなるように規定されていることが好ましい。

【0022】

前記液晶層の厚さ d の値は、前記複数の画素のそれぞれにおいて不連続に変化してもよい。

【0023】

前記液晶層の厚さ d の前記少なくとも2つの異なる値の差 Δd は、前記らせん構造のらせんピッチ P と、 $0.5P \leq \Delta d$ の関係を満足することが好ましい。

【0024】

前記液晶層の厚さ d の値は、前記複数の画素のそれぞれにおいて連続的に変化してもよい。

【0025】

前記一对の基板の前記液晶層側に設けられた一对の配向層を有し、前記一对の配向層のうち、一方は水平配向層であり、他方は垂直配向層である構成を有することが好ましい。

【0026】

前記一对の基板の少なくとも一方が、前記液晶層側に凹凸状の表面を有していてもよい。

【0027】

前記一对の基板の両方が、前記液晶層側に凹凸状の表面を有することが好まし

い。

【 0 0 2 8 】

以下、本発明の作用を説明する。

【 0 0 2 9 】

本発明の液晶表示素子においては、複数の画素のそれぞれにおいて、液晶層の厚さ d は少なくとも2つの異なる値を有し、且つ、液晶層はプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ転移させる第1しきい値電圧の値が互いに異なる少なくとも2つの領域を有しているので、液晶層に所定の電圧を印加することによって、画素内のある領域に含まれる液晶層はプレーナー状態のままで、同じ画素内の他の領域に含まれる液晶層をフォーカルコニック状態に転移させることが可能になる。その結果、らせん構造を有し、印加電圧に応じて少なくともプレーナー状態およびフォーカルコニック状態の2つの安定な状態（双安定性）を呈する液晶層を用いて、面積階調法による中間調表示及び多階調表示が可能となる。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明による実施形態の液晶表示素子を説明する。
なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

（実施の形態1）

図1に本発明による実施形態1の液晶表示素子100を模式的に示す。液晶表示素子100においては、複数の画素がマトリクス状に配列されており、図1は、液晶表示素子100の1画素に対応する部分を模式的に示す断面図である。

【 0 0 3 1 】

液晶表示素子100は、液晶層30と、液晶層30を挟持するように設けられた第1基板10および第2基板20とを有しており、第2基板20側から入射する外光を用いて表示を行う反射型液晶表示素子である。

【 0 0 3 2 】

第1基板10は、絶縁性基板11上に階段状に形成された樹脂層12aと、樹脂層12aを覆うように形成された画素電極13と、画素電極13上に形成された配向層14とを有している。

【0033】

第1基板10と対向するように設けられた第2基板20は、透明基板21上に形成された対向電極23と、対向電極23上に形成された配向層24とを有している。

【0034】

液晶層30としては、らせん構造を有する液晶層である、コレステリック液晶層、カイラルネマチック液晶層またはカイラルスメクチック液晶層を用いることができる。本実施形態においては、液晶層30として、耐光性、安定性、らせんピッチの調節の容易さ、選択反射領域の幅の調節の容易さおよび材料選択の幅の広さの観点から、カイラルネマチック液晶層を用いる。勿論、コレステリック液晶層またはカイラルスメクチック液晶層を用いてもよい。

【0035】

この液晶層30は、らせん軸が基板に対して垂直なプレーナー状態と、らせん軸が基板に対してランダム（あるいはほぼ平行）なフォーカルコニック状態との2つの安定な状態を呈し、所定の第1しきい値電圧以上の電圧が印加されることによってプレーナー状態からフォーカルコニック状態に転移する。液晶層30は、プレーナー状態およびフォーカルコニック状態の両方の状態で安定（双安定）である。このような双安定性を有しているために、上述の液晶層30はメモリー性を有しており、書き込み時に印加された電圧による配向状態が、電圧が除去された後にも維持される。

【0036】

また、液晶層30は、プレーナー状態を呈しているときとフォーカルコニック状態を呈しているときとでは、光学特性が異なる。具体的には、例えば、プレーナー状態における液晶層30の選択反射領域を可視光領域に設定すると、液晶層30はプレーナー状態では可視光を選択反射し、フォーカルコニック状態では可視光を透過する。また、液晶層30の選択反射領域を赤外領域に設定すると、液晶層30はプレーナー状態では可視光を透過し、フォーカルコニック状態では可視光を散乱する。

【0037】

本発明による液晶表示素子 1 0 0 においては、複数の画素のそれぞれにおいて、液晶層 3 0 の厚さ d は互いに異なる複数の値を有し、且つ、液晶層 3 0 はプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ転移させる第 1 しきい値電圧の値が互いに異なる複数の領域を有しているので、液晶層に所定の電圧を印加することによって、画素内のある領域に含まれる液晶層はプレーナー状態のままで、同じ画素内の他の領域に含まれる液晶層をフォーカルコニック状態に転移させることが可能になる。その結果、面積階調法による中間調表示及び多階調表示が可能となる。

以下に、さらに詳しく説明する。

【 0 0 3 8 】

液晶層 3 0 をプレーナー状態からフォーカルコニック状態に転移させる第 1 しきい値電圧の値は、液晶層 3 0 の厚さ d に応じた大きさを有することが本願発明者によって実験的に確認されている。より厳密には、この第 1 しきい値電圧の値は、液晶層 3 0 が有するらせん構造のらせんピッチを P とした場合に、らせん回転数 d/P の値が大きくなるにつれて大きくなり、第 1 しきい値電圧を V_{thF} とすると、 $V_{thF} = a \cdot (d/P) + b$ で表される。ここで、 a および b は、液晶材料や配向処理等による定数である。

【 0 0 3 9 】

本発明による液晶表示素子 1 0 0 においては、図 1 に示すように、液晶層 3 0 は、1 画素内に、厚さが互いに異なる領域 A_1 、 A_2 、 A_3 および A_4 を有しており、領域 A_1 、 A_2 、 A_3 および A_4 における液晶層 3 0 の厚さ d_{A1} 、 d_{A2} 、 d_{A3} および d_{A4} は、 $d_{A1} < d_{A2} < d_{A3} < d_{A4}$ の関係を満足している。

【 0 0 4 0 】

さらに、領域 A_1 、 A_2 、 A_3 および A_4 における第 1 しきい値電圧をそれぞれ $V_{thF_{A1}}$ 、 $V_{thF_{A2}}$ 、 $V_{thF_{A3}}$ および $V_{thF_{A4}}$ とすると、 $V_{thF_{A1}} < V_{thF_{A2}} < V_{thF_{A3}} < V_{thF_{A4}}$ の関係を満足するように、液晶層の厚さ d_1 、 d_2 、 d_3 および d_4 は規定されている。

【 0 0 4 1 】

上述のように第 1 しきい値電圧が互いに異なる複数の領域を有する液晶層 3 0

は、印加された電圧に応じて、その配向状態が以下のように変化する。

【0042】

まず、液晶層30に電圧が印加されていないとき (V_{thA1} 未満の電圧が印加されている場合を含む) は、画素内の全ての領域の液晶層30は、プレーナー状態である。

【0043】

次に、液晶層30に V_{thA1} 以上 V_{thA2} 未満の電圧が印加されたときは、図2に示すように、領域A1に含まれる液晶層30は、プレーナー状態からフォーカルコニック状態に転移する。なお、図2は液晶表示素子100の画素内の液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。一方、領域A2、A3およびA4に含まれる液晶層30は、図2に示したように、プレーナー状態のままである。

【0044】

さらに、液晶層30に V_{thA2} 以上 V_{thA3} 未満の電圧が印加されたときは、領域A1およびA2に含まれる液晶層30がフォーカルコニック状態に転移し、領域A3およびA4に含まれる液晶層30はプレーナー状態のままである。

【0045】

また、液晶層30に V_{thA3} 以上 V_{thA4} 未満の電圧が印加されたときは、領域A1、A2およびA3に含まれる液晶層30がフォーカルコニック状態に転移し、領域A4に含まれる液晶層30はプレーナー状態のままである。

【0046】

そして、液晶層30に V_{thA4} 以上の電圧が印加されたときは、画素内の全ての領域の液晶層30がフォーカルコニック状態に転移する。

【0047】

このように、本発明による液晶表示素子100においては、ある画素に含まれる液晶層30に所定の電圧を印加することによって、この画素内のある領域に含まれる液晶層30はプレーナー状態のまま、この画素内の他の領域に含まれる液晶層30をフォーカルコニック状態に転移させることができる。

【0048】

従って、この画素における可視光領域の光に対する反射率（以下、「可視光領

域の光に対する反射率」を単に「反射率」と記す。)を、画素内の全ての領域の液晶層がプレーナ状態であるときの反射率の値と、画素内の全ての領域の液晶層がフォーカルコニック状態であるときの反射率の値との間の値にすることが可能となるとともに、液晶層 3 0 に印加する電圧の大きさを制御し、プレーナ状態を呈している領域とフォーカルコニック状態を呈している領域との面積比を変化させることによって、上述の反射率を制御することが可能となる。その結果、面積階調法による中間調表示および多階調表示が可能となる。

【 0 0 4 9 】

液晶表示素子 1 0 0 は、例えば、以下のようにして製造される。

【 0 0 5 0 】

まず、図 3 (a) に示すように、絶縁性基板 (例えば、ガラス基板) 1 1 上に、第 1 樹脂層 1 6 となるポジ型感光性樹脂 (例えば、東京応化工業社製 OFPR-800) 1 5 をスピンコート法により所望の厚さに塗布する。次に、フォトマスク 4 0 を図 3 (b) に示すように配置して露光を行う。このフォトマスク 4 0 の遮光部の形状は、所望する第 1 樹脂層 1 6 の形状 (基板法線方向から見た形状) に応じて適宜決定すればよく、典型的には円形または多角形である。続いて、現像液 (例えば、東京応化工業社製 TMAH (テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド)) を用いて現像を行い、その後、約 2 0 0 °C で約 1 時間焼成を行うことによって、図 3 (c) に示すように第 1 樹脂層 1 6 が得られる。本実施形態においては、第 1 樹脂層 1 6 が約 3 μm の厚さを有するように形成する。

【 0 0 5 1 】

次に、この第 1 樹脂層 1 6 上に、同様の方法を用いて第 2 樹脂層 1 7 および第 3 樹脂層 1 8 を積層することによって、階段状の樹脂層 1 2 a が得られる。本実施形態においては、第 2 樹脂層 1 7 および第 3 樹脂層 1 8 がそれぞれ約 3 μm の厚さを有するように形成する。第 1 樹脂層 1 6、第 2 樹脂層 1 7 および第 3 樹脂層 1 8 のそれぞれの形状 (基板法線方向から見た形状) は、適宜決定すればよく、典型的には円形または多角形である。なお、本実施形態においては、ポジ型感光性樹脂を用いて樹脂層 1 2 a を形成するが、勿論、ネガ型感光性樹脂を用いてもよい。

【 0 0 5 2 】

続いて、樹脂層 1 2 a を覆うように絶縁性基板 1 1 上に画素電極（例えば I T O 層） 1 3 を、スパッタリング法により厚さが約 1 0 0 n m となるように形成する。その後、水平配向層（例えば、J S R 社製オプトマー A L - 4 5 5 2） 1 4 をスピコート法により厚さが約 5 0 n m となるように形成し、この水平配向層 1 4 にラビング処理を施す。上述のようにして、第 1 基板 1 0 が得られる。

【 0 0 5 3 】

次に、以下のようにして第 2 基板 2 0 を製造する。まず、透明基板（例えば、ガラス基板） 2 1 上に対向電極（例えば I T O 層） 2 3 をスパッタリング法により厚さが約 1 0 0 n m となるように形成する。その後、対向電極 2 3 上に水平配向層（例えば、J S R 社製オプトマー A L - 4 5 5 2） 2 4 をスピコート法により厚さが約 5 0 n m となるように形成し、この水平配向層 2 4 にラビング処理を施す。このようにして、第 2 基板 2 0 が得られる。

【 0 0 5 4 】

続いて、第 1 基板 1 0 の樹脂層 1 2 a が形成されていない領域にスペーサーを配置し、第 1 基板 1 0 と第 2 基板 2 0 とを貼り合わせる。本実施形態においては、樹脂層 1 2 a が形成されていない領域におけるセルギャップが約 1 5 μ m となるように貼り合わせる。

【 0 0 5 5 】

その後、貼り合わされた第 1 基板 1 0 と第 2 基板 2 0 との間に、液晶材料を注入し、液晶層 3 0 を形成する。液晶層 3 0 の材料としては、本実施形態においては、ネマチック液晶材料 E 7（メルク社製）にカイラル剤 S - 8 1 1（メルク社製）を約 8 . 9 w t % 混合し、らせん構造の自発的ならせんピッチが約 1 . 1 μ m となり、選択反射領域が赤外領域となるように設定したカイラルネマチック液晶材料を用いる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態においては、画素内の全ての領域の液晶層 3 0 がプレーナー状態を呈している場合に黒表示となるように、第 1 基板 1 0 に可視光領域の光を吸収する光吸収層（不図示）が設けられている。光吸収層は、透明基板 1 1 の外

側（液晶層 3 0 側でない側）に設けてもよいし、透明基板 1 1 と画素電極 1 3 との間に設けてもよい。勿論、画素電極 1 3 を、例えば顔料を分散させた有機導電性材料のような光吸収性材料を用いて形成することによって、光吸収層としてもよい。

【 0 0 5 7 】

樹脂層 1 2 a を構成する第 1 樹脂層 1 6、第 2 樹脂層 1 7 および第 3 樹脂層 1 8 は、それぞれ約 $3\ \mu\text{m}$ の厚さを有しているので、液晶層 3 0 は、1 画素内に、液晶層 3 0 の厚さがそれぞれ約 $6\ \mu\text{m}$ 、約 $9\ \mu\text{m}$ 、約 $12\ \mu\text{m}$ および約 $15\ \mu\text{m}$ の領域 A 1、A 2、A 3 および A 4 を有している。このように、本実施形態においては、領域 A 1、A 2、A 3 および A 4 における液晶層 3 0 の厚さは、実質的に第 1 樹脂層 1 6、第 2 樹脂層 1 7 および第 3 樹脂層 1 8 によって規定されている。また、これらの領域の形状および面積も、第 1 樹脂層 1 6、第 2 樹脂層 1 7 および第 3 樹脂層 1 8 によって実質的に規定されている。

【 0 0 5 8 】

上述のようにして、液晶表示素子 1 0 0 が得られる。図 4 は、このようにして得られた液晶表示素子 1 0 0 の領域 A 1、A 2、A 3 および A 4 における反射率を縦軸に、液晶層 3 0 に印加された電圧を横軸に示す図である。なお、図 4 における反射率の値は、図 5 に示すように、液晶層が約 $6\ \mu\text{m}$ 、約 $9\ \mu\text{m}$ 、約 $12\ \mu\text{m}$ および約 $15\ \mu\text{m}$ の厚さを有する液晶表示素子をそれぞれ作製し、基板法線方向と約 30° の角度をなす方向から光を入射させ、反射された光を基板法線方向にて受光することによって測定した値である。液晶表示素子の背面側に光吸収層として設けられた黒色吸収板 4 4 と基板とはシリコンオイルを用いてマッチングされており、印加する電圧としては、 100ms 、 10kHz のパルス電圧を用いている。反射率の値は、 MgSO_4 標準白色板を用いて測定した値を 100% とする。

【 0 0 5 9 】

図 4 に示したように、液晶表示素子 1 0 0 の領域 A 1、A 2、A 3 および A 4 に含まれる液晶層 3 0 は、それぞれ互いに異なる第 1 しきい値電圧を有しており、液晶層 3 0 に印加される電圧を制御することによって、以下のように液晶層 3

0の配向状態および光学特性が変化する。

【0060】

まず、液晶層30に電圧が印加されていないときは、画素内の全ての領域の液晶層30は、プレーナー状態であり、入射する可視光を透過する。

【0061】

次に、液晶層30に約6Vの電圧が印加されたときは、領域A1に含まれる液晶層30がフォーカルコニック状態に転移し、入射する可視光を散乱する。一方、領域A2、A3およびA4に含まれる液晶層30はプレーナー状態のままであり、入射する可視光を透過する。

【0062】

さらに、液晶層30に約7.4Vの電圧が印加されたときは、領域A1およびA2に含まれる液晶層30がフォーカルコニック状態に転移し、可視光を散乱する。一方、領域A3およびA4に含まれる液晶層30はプレーナー状態のままであり、可視光を透過する。

【0063】

また、液晶層30に約8.8Vの電圧が印加されたときは、領域A1、A2およびA3に含まれる液晶層30がフォーカルコニック状態に転移し、可視光を散乱する。一方、領域A4に含まれる液晶層30はプレーナー状態のままであり、可視光を透過する。

【0064】

そして、液晶層30に約10.2Vの電圧が印加されたときは、画素内の全ての領域の液晶層30がフォーカルコニック状態に転移し、可視光を散乱する。

【0065】

上述のように本発明による液晶表示素子100においては、液晶層30の第1しきい値電圧は画素内において4つの異なる値を有しており、5階調表示が可能である。一般に、液晶層の第1しきい値電圧が画素内においてn個の異なる値を有していると、(n+1)階調表示が実現される。

【0066】

本発明による液晶表示素子100において、ある画素における反射率Rは、液

晶層 3 0 がプレーナ状態である領域の面積および反射率を S_p および R_p とし、液晶層 3 0 がフォーカルコニック状態である領域の面積および反射率を S_f および R_f とすると、 $R = (R_p \cdot S_p + R_f \cdot S_f) / (S_p + S_f)$ で表される。従って、各階調における反射率 R の値は、液晶層 3 0 の厚さが互いに異なる複数の領域の面積比を適宜設定することによって、制御することができる。表 1 に、液晶表示素子 1 0 0 のある画素における印加電圧に対する反射率 R の値を示す。なお、表 1 においては、画素の面積を 4 とし、領域 A 1、A 2、A 3 および A 4 の面積をそれぞれ 1 としている。

[表 1]

印加電圧(V)	R_f (%)	S_f (%)	R_p (%)	S_p (%)	反射率 R (%)
0	0.5	0	0.5	4	0.5
6.0	12.0	1	0.5	3	3.3
7.4	15.0	2	0.5	2	7.0
8.8	15.5	3	0.5	1	10.8
10.2	16.0	4	0.5	0	14.6

らせん構造を形成する液晶層 3 0 を備えた本発明による液晶表示素子 1 0 0 においては、液晶層 3 0 の厚さ d は、らせん構造のらせんピッチ P と、 $1 < d/P < 1.5$ の関係を満足することが好ましい。

【0067】

$d/P \leq 1$ であると、プレーナ状態での選択反射強度やフォーカルコニック状態での散乱強度が弱くなりすぎ、コントラスト比が低くなるので好ましくない。なお、液晶層の両側に設けられている配向層が両方とも垂直配向層である場合には、 $d/P \leq 1$ であると液晶層はらせん構造を形成しない。

【0068】

また、 $d/P \geq 1.5$ であると、駆動電圧が高くなりすぎるので好ましくない。この理由を以下に説明する。

【0069】

本発明による液晶表示素子 1 0 0 においては、プレーナ状態からフォーカルコニック状態に転移させた液晶層 3 0 を再びプレーナ状態にする際、第 1 しき

い値電圧よりも大きい第2しきい値電圧以上の電圧を印加することによって、液晶層30をフォーカルコニック状態から一旦ホメオトロピック状態に転移させる。なお、ホメオトロピック状態においては、液晶層30のらせん構造がほどけ、液晶分子は基板に対して垂直に配向している。

【0070】

上述の第2しきい値電圧を V_{thH} とすると、第2しきい値電圧 V_{thH} は d/P に比例し、 $V_{thH} = d \cdot (\pi^2/P) \cdot (k_{22}/(\epsilon_0 \cdot \Delta\epsilon))^{1/2}$ で表される。ここで、 P は電圧無印加時（プレーナー状態）におけるらせんピッチ、 k_{22} は液晶材料のツイスト弾性率、 ϵ_0 は真空の誘電率、 $\Delta\epsilon$ は比誘電率異方性である。

【0071】

液晶表示素子は液晶層30に電圧を印加するためのドライバを備えるが、40Vを越える電圧を印加するためのドライバは価格が高く、液晶表示素子の製造コストが高くなる。このため、第2しきい値電圧を40V以下にすることが好ましく、本願発明者は、上述の材料を用いた液晶表示素子100において、 $d/P < 15$ であれば第2しきい値電圧が40V以下になることを実験的に確認している。

【0072】

また、コントラスト比が高い表示を行うためには、複数の画素のそれぞれにおいて、液晶層30の厚さ d の値がもっとも大きい領域に含まれる液晶層30をプレーナー状態からフォーカルコニック状態に転移させる第1しきい値電圧を V_{thFmax} とし、液晶層30の厚さ d の値がもっとも小さい領域に含まれる液晶層30をフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態に転移させる第2しきい値電圧を V_{thHmin} とするとき、液晶層30の厚さ d は、 V_{thFmax} が V_{thHmin} よりも小さくなるように規定されていることが好ましい。

【0073】

上述のように液晶層30の厚さ d が規定されていると、液晶層30に所定の電圧、具体的には V_{thFmax} 以上 V_{thHmin} 未満の電圧を印加することによって、画素内の全ての領域の液晶層がフォーカルコニック状態を呈することが

可能になる。従って、コントラスト比の高い表示が実現される。以下にさらに詳しく説明する。

【0074】

図6は、本実施形態の液晶表示素子100の領域A1、A2、A3およびA4における反射率を縦軸に、液晶層30に印加された電圧を横軸に示す図である。図6に示したように、液晶表示素子100の領域A1、A2、A3およびA4に含まれる液晶層30は、それぞれ互いに異なる第1しきい値電圧および第2しきい値電圧を有しており、領域A4における第1しきい値電圧が上述の V_{thFmax} に相当し、領域A1における第2しきい値電圧が上述の V_{thHmin} に相当する。

【0075】

図6からわかるように、液晶表示素子100においては、 V_{thFmax} が V_{thHmin} よりも小さい。従って、 V_{thFmax} 以上 V_{thHmin} 未満の電圧、具体的には約11V～約16Vの範囲の電圧を印加することによって、画素内の全ての領域の液晶層30がフォーカルコニック状態を呈することが可能になり、このとき画素内の全ての領域の液晶層30は可視光を散乱する。一方、電圧無印加時および約5V以下の電圧が印加されたときは、画素内の全ての領域の液晶層30はプレーナー状態であり、画素内の全ての領域の液晶層30は可視光を透過する。そのため、ある画素がもっとも明るい状態およびもっとも暗い状態における反射率の値の差を大きくすることができるので、コントラスト比の高い表示が実現される。

【0076】

本実施形態の液晶表示素子100においては、図1に示したように、第1基板10上に階段状の樹脂層12aが設けられており、画素内において液晶層30の厚さdの値は不連続に変化する。このように、液晶層30の厚さdの値が不連続に変化する構成を有していると、画素内のある領域における第1しきい値電圧の値と、同じ画素内にあって液晶層30の厚さdが異なる他の領域における第1しきい値電圧の値との差を大きくすることが容易である。従って、液晶層30に印加される電圧の誤差に拘わらず、所望の領域の液晶層30のみをフォーカルコニ

ック状態に転移させることが容易であり、その結果、所望の反射率の値をより確実に得ることが可能となる。

【0077】

上述のように液晶層30の厚さ d の値が不連続に変化する構成を有している場合には、液晶層30の厚さ d の異なる値の差 Δd は、らせん構造のらせんピッチ P と、 $0.5P \leq \Delta d$ の関係を満足することが好ましい。以下、その理由を説明する。

【0078】

本実施形態の液晶表示素子100のように、液晶層の両側に水平配向層が設けられている場合、液晶層の上面および下面近傍の液晶分子は、それぞれの水平配向層の配向規制力に従って特定の方位角方向に配向する。水平配向層の配向規制力の方向は、一般にラビング処理によって規定される。

【0079】

上述のように液晶層の上面および下面近傍の液晶分子はそれぞれ特定の方位角方向に配向するような配向規制力を受けているので、液晶層の厚さが変化してもその方向は変化しない。このため、液晶層のらせん構造のらせん回転数は連続的に変化できない。一方、らせん構造を有する液晶層の液晶分子の局所的な配向方向は、らせんが半回転するごとに一致する。このため、液晶層の厚さの変化に伴ってらせん回転数は不連続に0.5（半回転）ずつ変化することとなる。

【0080】

従って、例えば、液晶層の厚さが互いに異なる2つの領域において Δd がらせんピッチの値の半分よりも小さい場合（ $\Delta d < 0.5P$ の場合）、上述の2つの領域においてらせん回転数が同じであることがあり得るので、上述の2つの領域において第1しきい値電圧の値が同じであることがあり得る。そのため、上述の2つの領域のうちの一方の領域に含まれる液晶層はプレーナー状態のままで、他方の領域に含まれる液晶層をフォーカルコニック状態に転移させることができないことがあり得る。

【0081】

それに対して、液晶層30の厚さ d の異なる値の差 Δd が、らせん構造のらせ

んピッチ P と、 $0.5P \leq \Delta d$ の関係を満足するような構成を有していると、液晶層 30 の厚さ d が互いに異なる複数の領域ごとに第 1 しきい値電圧の値をより確実に異ならせることができる。従って、所望の階調数の表示がより確実に実現される。

【0082】

なお、上述したように、液晶層の両側に水平配向層が設けられている場合には、液晶層の厚さの変化に伴ってらせん旋回数が連続的に変化することができないので、画素内において局所的にらせんピッチが引き伸ばされている領域や縮められている領域が存在し得る。従って、画素内においてらせんピッチの値にばらつきが生じ得るとともに、らせんピッチの値は液晶層を形成する液晶材料に設定された自発的ならせんピッチの値とは異なり得るが、 Δd が自発的ならせんピッチの値の半分以上に大きければ、上述の効果が十分に得られると考えられる。

【0083】

本実施形態においては、液晶層 30 の両側に水平配向層 14 および 24 が設けられている場合について説明したが、水平配向層 14 および 24 のいずれか一方を垂直配向層としてもよい。このような構成を採用すると、垂直配向層の表面において、液晶層の液晶分子は方位角方向の配向規制力を受けないので、らせん旋回数 d/P は、液晶層の厚さの変化に伴って連続的に変化することができる。従って、液晶層 30 の厚さ d が不連続に変化する場合の Δd が、らせんピッチの値の半分よりも小さくても、液晶層 30 の厚さ d が互いに異なる複数の領域のらせん旋回数および第 1 しきい値電圧の値は互いに異なる。そのため、 Δd が比較的小さい構成とすることによって階調数を多くすることが容易である。なお、液晶層の両側に設けられている配向層の一方が垂直配向層である場合には、らせんピッチの値は、自発的ならせんピッチの値とほぼ同じである。

【0084】

なお、本実施形態においては、5 階調表示が可能な液晶表示素子について説明したが、階調数はこれに限定されず、所望する階調数に応じて適宜設定すればよい。比較的階調数が少ない場合には、第 1 しきい値電圧の値が同じである領域が画素内で離散的に分布していると、目視の際に違和感を感じない中間調表示が実

現される。

【0085】

例えば、3階調表示が可能な液晶表示素子の場合には、図7に示すように、1画素内に複数の樹脂層12bを離散的に（島状に）形成することによって、上述の効果が得られる。上述の樹脂層12bは、例えば、図8に示すような、1画素に対応する領域内に複数の遮光部43を有するフォトマスク42を用いてフォトリソグラフィプロセスによって形成することができる。フォトマスク42の遮光部43の形状は、図8に示したような円形であってもよいし、多角形であってもよい。

（実施形態2）

図9に本発明による実施形態2の液晶表示素子200を模式的に示す。液晶表示素子200は、第1基板10の液晶層側に設けられた樹脂層12cが連続する波状に形成されている点において液晶表示素子100と異なる。以下の図面においては、液晶表示素子100の構成要素と実質的に同一の機能を有する構成要素には同一の参照符号を付し、その説明をここでは省略する。

【0086】

液晶表示素子200においては、第1基板10の液晶層側に設けられた樹脂層12cが連続する波状に形成されており、画素内において、液晶層30の厚さdが連続的に変化する。このように、液晶層の厚さdが連続的に変化する構成を有していると、階調数を多くすることが容易である。以下、さらに詳しく説明する。

【0087】

まず、液晶層30の両側に水平配向層が設けられている場合には、液晶層30の厚さdの連続的な変化に伴って、らせん旋回数が0.5ずつ不連続に変化する。従って、樹脂層12cの勾配の緩急に拘わらず、らせん旋回数が0.5ずつ異なる複数の領域が存在し、これらの領域では液晶層30の第1しきい値電圧が互いに異なる。そのため、製造工程において、らせんピッチに応じた精度で画素内における液晶層30の厚さdの変化を制御する必要がなく、階調数を多くすることが容易である。図10は、液晶層30の両側に水平配向層が設けられている液

晶表示素子 2 0 0 のある画素における反射率を縦軸に、液晶層 3 0 に印加された電圧を横軸に示す図である。図 1 0 中の実線 5 1、5 2、5 3、5 4、5 5、5 6 および 5 7 は、図 9 中の領域 a、b、c、d、e、f および g における反射率を示し、実線 5 0 は 1 画素全体での反射率を示す。

【 0 0 8 8 】

また、液晶層 3 0 の両側に設けられた配向層の一方を垂直配向層とすると、液晶層 3 0 の厚さの連続的な変化に伴って、らせん旋回数も連続的に変化する。従って、さらに階調数を多くすることが可能になるとともに、印加電圧の値の連続的な変化に応じて反射率の値も連続的に変化し、実質的に無段階的な階調表示が可能になる。図 1 1 は、液晶層 3 0 の両側に設けられた配向層の一方が垂直配向層である液晶表示素子 2 0 0 のある画素における反射率を縦軸に、液晶層 3 0 に印加された電圧を横軸に示す図である。図 1 1 中の実線 5 8 は、1 画素全体での反射率を示す。

【 0 0 8 9 】

実施形態 2 の液晶表示素子 2 0 0 に設けられている連続する波状の樹脂層 1 2 c は、例えば、実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 に設けられている樹脂層 1 2 a と同様にして階段状の樹脂層を形成した後に、スピコート法によってさらに樹脂材料（例えば、東京応化工業社製 OFPR-800）を塗布することにより形成することができる。また、階段状の樹脂層を形成した後に、約 2 0 0℃ で約 6 0 分の熱処理を施し、熱だれ現象によって樹脂層を変形させて形成してもよい。

【 0 0 9 0 】

また、本実施形態 2 においては、画素電極 1 3 が、上述のようにして形成された連続する波状の樹脂層 1 2 c 上に形成されている。樹脂層 1 2 c は基板法線方向に平行な表面を有しないため、画素電極 1 3 を形成する際に電極材料を均一に塗布することができ、画素電極 1 3 の断線が抑制される。

【 0 0 9 1 】

なお、実施形態 1 および 2 においては、樹脂層が背面側の第 1 基板 1 0 上に設けられている場合について説明したが、勿論これに限定されず、観察者側の第 2 基板 2 0 上に樹脂層が設けられていてもよい。

【 0 0 9 2 】

また、実施形態 1 においては、画素内で液晶層 3 0 の厚さ d が不連続に変化する構成を有している場合について説明し、実施形態 2 においては、画素内で液晶層 3 0 の厚さ d が連続的に変化する構成を有している場合について説明したが、これに限定されず、複数の画素のそれぞれにおいて、液晶層 3 0 の厚さ d が不連続に変化する領域と、液晶層 3 0 の厚さ d が連続的に変化する領域とが混在してもよい。

(実施形態 3)

図 1 2 (a) ~ (c) に、本発明による実施形態 3 の液晶表示素子 3 0 0 を模式的に示す。図 1 2 (a) は、本発明による実施形態 3 の液晶表示素子 3 0 0 の 1 画素に対応する部分を模式的に示す断面図であり、図 1 2 (b) は斜視図であり、図 1 2 (c) は、上面図である。液晶表示素子 3 0 0 は、第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 の両方が凹凸状の表面を有している点において液晶表示素子 1 0 0 と異なる。以下の図面においては、液晶表示素子 1 0 0 の構成要素と実質的に同一の機能を有する構成要素には同一の参照符号を付し、その説明をここでは省略する。

【 0 0 9 3 】

液晶表示素子 3 0 0 においては、図 1 2 (a) および (b) に示したように、液晶層 3 0 を挟持する第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 の両方が、液晶層 3 0 側に凹凸状の表面を有している。このような構成を有していると、液晶層 3 0 の厚さ d が、第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 の両方の凹凸状の表面によって規定されるので、比較的少ない製造工程数で比較的多くの階調数とすることが可能である。そのため、製造工程を簡略化（製造工程数を削減）することができ、液晶表示素子の製造コストを低くすることができる。以下、例示しながらさらに詳しく説明する。

【 0 0 9 4 】

本発明による液晶表示素子 3 0 0 においては、図 1 2 (a) および (b) に示したように、絶縁性基板 1 1 上にストライプ状の樹脂層 1 2 d が設けられている。また、透明基板 2 0 上には、樹脂層 1 2 d と交差するようにストライプ状の樹

脂層 2 2 が設けられている。本実施形態においては、樹脂層 1 2 d および 2 2 は、実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 に設けられた樹脂層 1 2 a と同様の方法を用いてそれぞれ約 $6 \mu\text{m}$ および約 $3 \mu\text{m}$ の厚さを有するように形成されている。

【 0 0 9 5 】

上述のように樹脂層 1 2 d および 2 2 が設けられている液晶表示素子 3 0 0 においては、液晶層 3 0 は、図 1 2 (c) に示すように、1 画素内に、液晶層 3 0 の厚さが互いに異なる領域 B 1、B 2、B 3 および B 4 を有しており、これらの領域 B 1、B 2、B 3 および B 4 における液晶層 3 0 の厚さ d_{B1} 、 d_{B2} 、 d_{B3} および d_{B4} の値は、それぞれ約 $6 \mu\text{m}$ 、約 $9 \mu\text{m}$ 、約 $12 \mu\text{m}$ および約 $15 \mu\text{m}$ である。従って、液晶表示素子 3 0 0 においては 5 階調表示が実現される。

【 0 0 9 6 】

一方、上述の樹脂層 1 2 d および 2 2 と同じ厚さを有する樹脂層が一方の基板上に階段状に積層されている液晶表示素子においては、液晶層は、1 画素内に、液晶層の厚さが約 $6 \mu\text{m}$ 、約 $9 \mu\text{m}$ および約 $15 \mu\text{m}$ の領域を有することとなるので、4 階調表示が実現される。

【 0 0 9 7 】

本発明による液晶表示素子 3 0 0 と上述の液晶表示素子とは、ほぼ同じ工程数の製造工程により製造されるが、液晶表示素子 3 0 0 においては、上述のようにより多階調の表示が実現されている。従って、本発明による液晶表示素子 3 0 0 においては、より少ない製造工程数で所定の階調数の表示が実現される。その結果、製造工程を簡略化（製造工程数を削減）することができ、液晶表示素子の製造コストを低くすることができる。

【 0 0 9 8 】

なお、上述の実施形態においては、基板上に設けられた樹脂層によって実質的に液晶層の厚さ d が規定される場合について説明したが、これに限定されず、画素内において液晶層の厚さ d が互いに異なる複数の値を有する構成とすればよい。

【 0 0 9 9 】

また、上述の実施形態においては、感光性樹脂を用いてフォトリソグラフィ

ロセスにより樹脂層を形成したが、樹脂層の形成方法及び材料はこれに限定されない。上述の実施形態のように感光性樹脂を用いてフォトリソグラフィプロセスにより形成すると、凹凸状表面の形状の制御を容易かつ再現性良く行うことができる。

【 0 1 0 0 】

さらに、上述の実施形態においては、液晶層 3 0 を形成する液晶材料として、選択反射領域が赤外領域となるように設定された液晶材料を用いたが、勿論、選択反射領域が可視光領域となるように設定された液晶材料を用いてもよい。選択反射領域が赤外領域であると、可視光を散乱することによって表示を行うので、紙に近い白黒表示が容易に実現される。選択反射領域が可視光領域であると、例えば、選択反射領域がそれぞれ赤、緑および青に相当する波長領域に設定された 3 つの液晶セルを積層することによりカラー表示が容易に実現される。

【 0 1 0 1 】

【発明の効果】

本発明によると、中間調表示および多階調表示が可能な液晶表示素子が提供される。本発明は、らせん構造を有するとともに双安定性およびメモリー性を有する液晶層を備えた液晶表示素子に好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 を模式的に示す断面図である。

【図 2】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 における所定の電圧印加時の液晶層の配向状態を模式的に示す図である。

【図 3】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 が有する樹脂層の製造工程を模式的に示す断面図である。

【図 4】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 のある画素における反射率を印加電圧に対して示すグラフである。

【図 5】

本発明による液晶表示素子の反射率の測定方法を模式的に示す図である。

【図 6】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 のある画素における反射率を印加電圧に対して示すグラフである。

【図 7】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 の他の構成を模式的に示す断面図である。

【図 8】

本発明による実施形態 1 の液晶表示素子 1 0 0 の他の構成の製造工程において用いるフォトリソマスク 4 2 を模式的に示す図である。

【図 9】

本発明による実施形態 2 の液晶表示素子 2 0 0 を模式的に示す断面図である。

【図 1 0】

本発明による実施形態 2 の液晶表示素子 2 0 0 のある画素における反射率を印加電圧に対して示すグラフである。

【図 1 1】

本発明による実施形態 2 の液晶表示素子 2 0 0 のある画素における反射率を印加電圧に対して示すグラフである。

【図 1 2】

本発明による実施形態 3 の液晶表示素子 3 0 0 を模式的に示す図である。(a) は断面図、(b) は斜視図、(c) は上面図をそれぞれ示す。

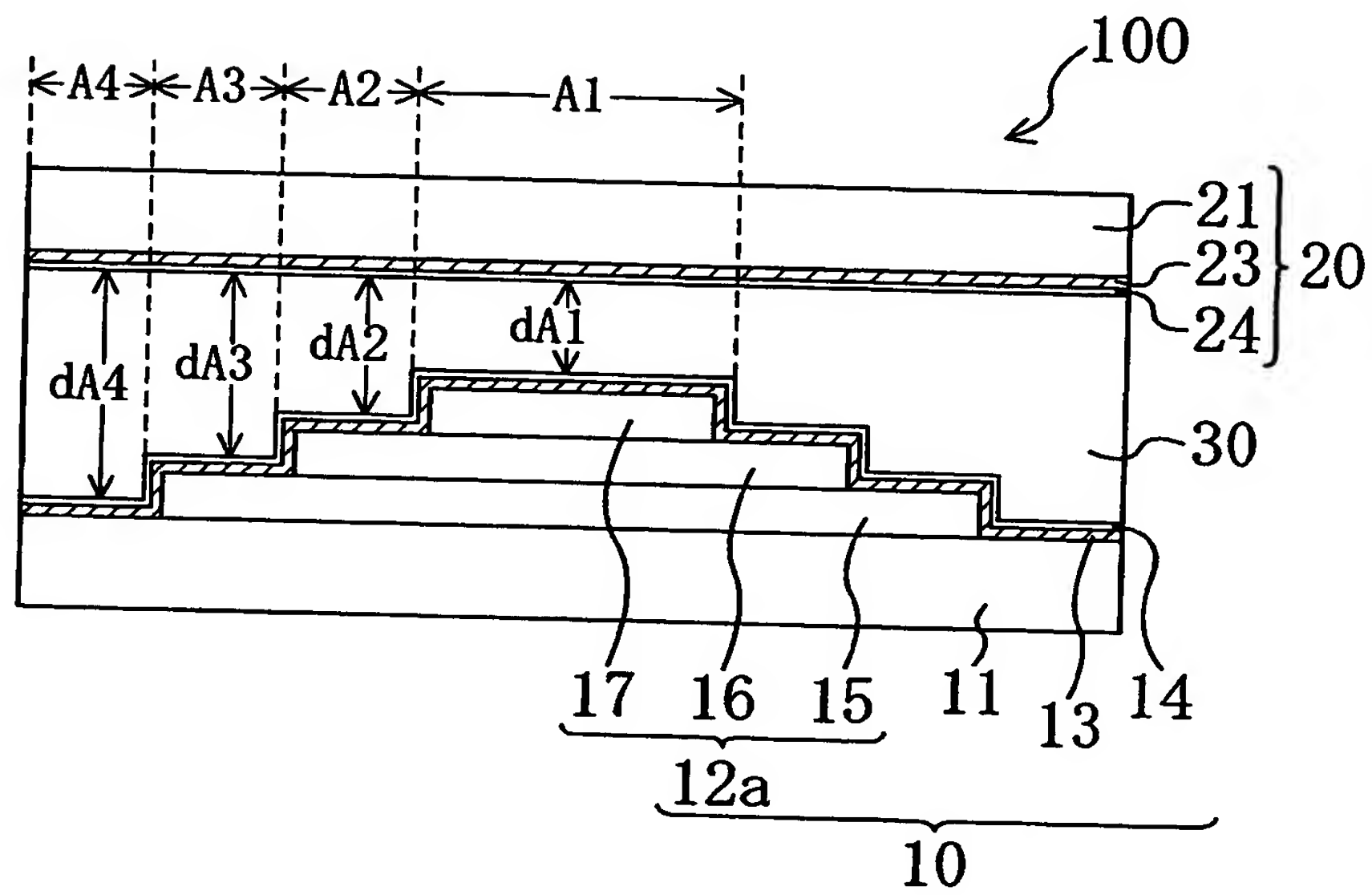
【符号の説明】

- 1 0 第 1 基板
- 1 1 絶縁性基板
- 1 2 a、1 2 b、1 2 c、1 2 d 樹脂層
- 1 3 画素電極
- 1 4 配向層
- 1 5 感光性樹脂

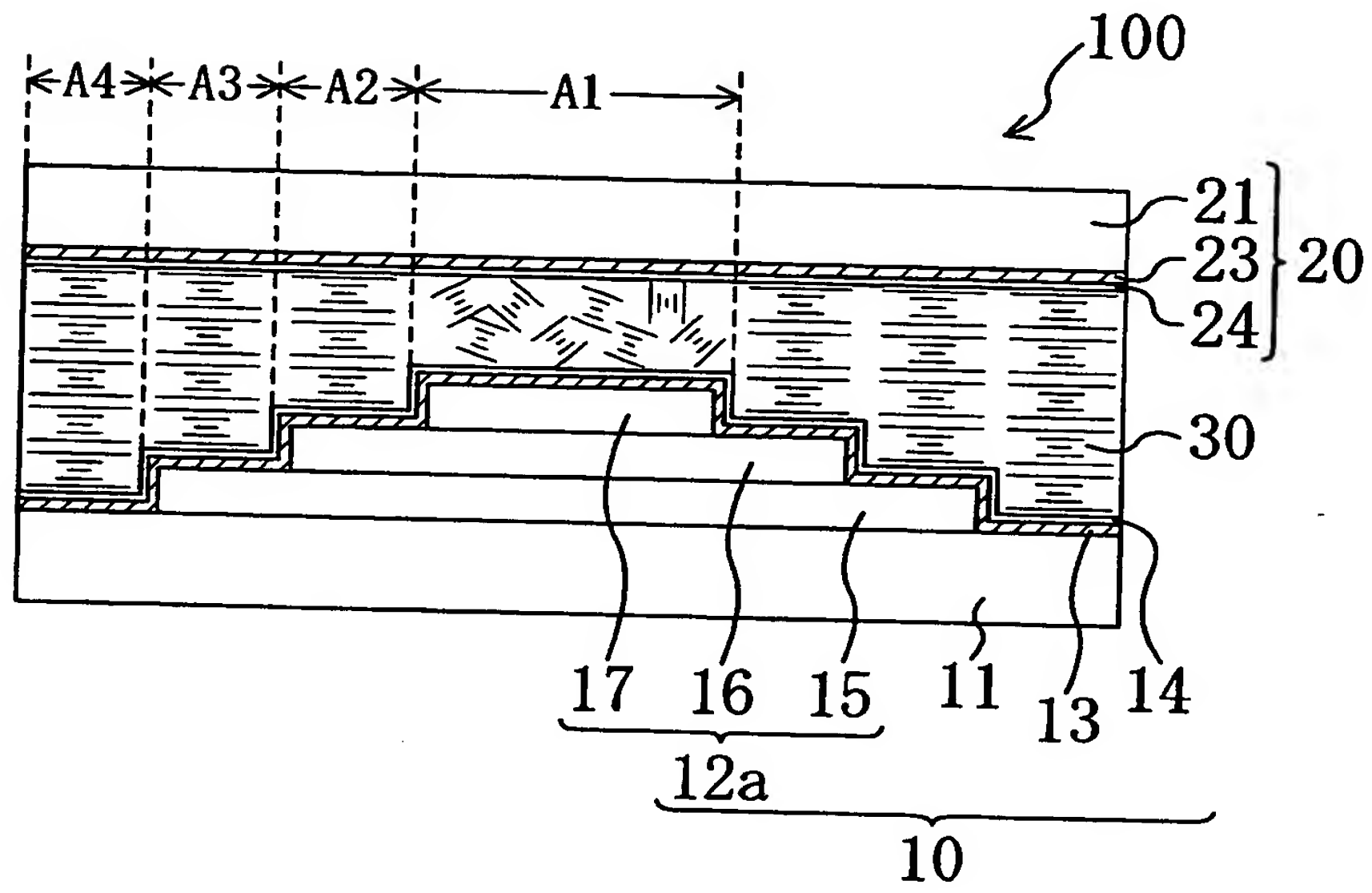
- 1 6 第 1 樹脂層
- 1 7 第 2 樹脂層
- 1 8 第 3 樹脂層
- 2 0 第 2 基板
- 2 1 透明基板
- 2 2 樹脂層
- 2 3 透明電極
- 2 4 配向層
- 3 0 液晶層
- 4 0、4 2 フォトマスク
- 4 3 遮光部
- 1 0 0 液晶表示素子
- 2 0 0 液晶表示素子
- 3 0 0 液晶表示素子

【書類名】 図面

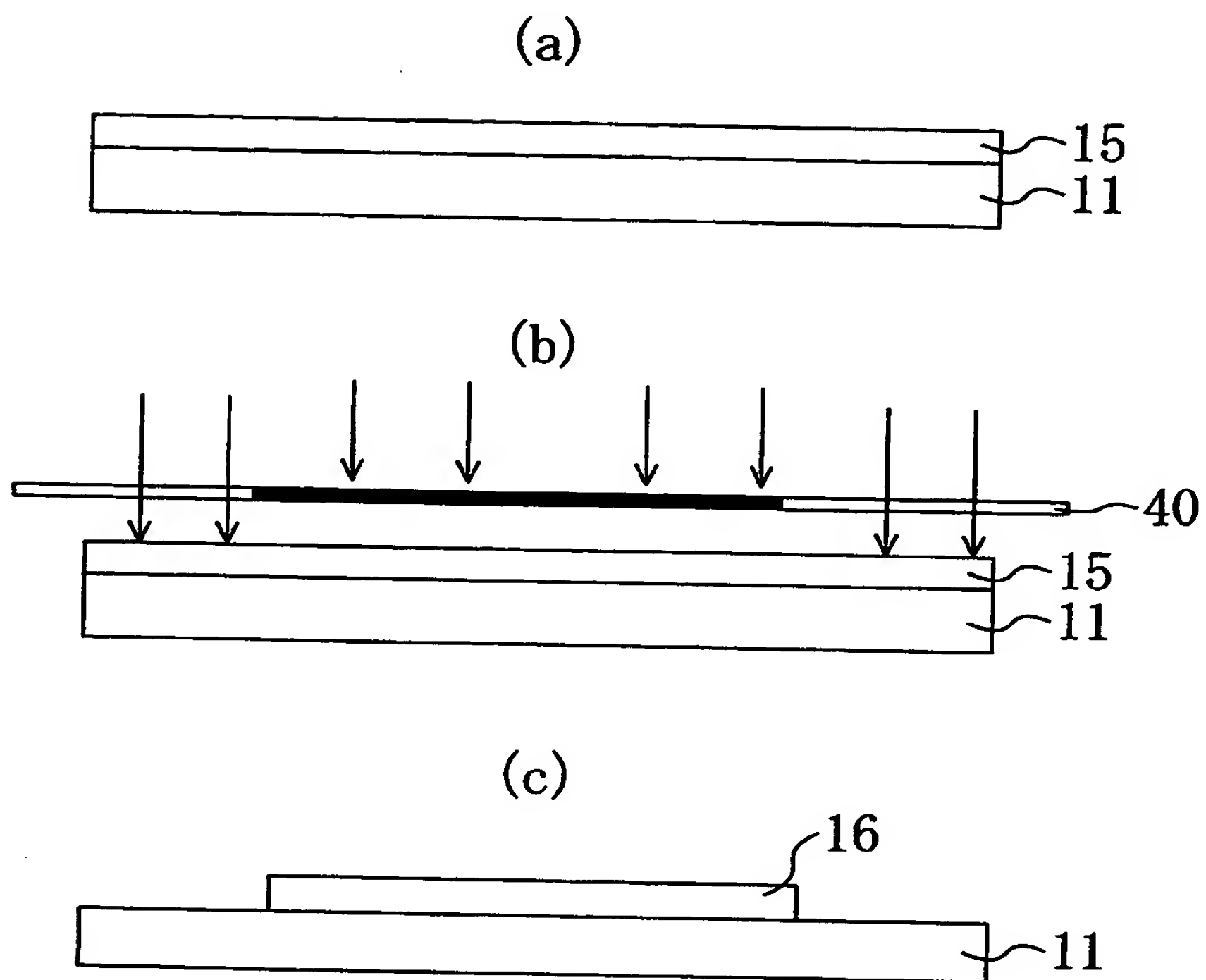
【図 1】



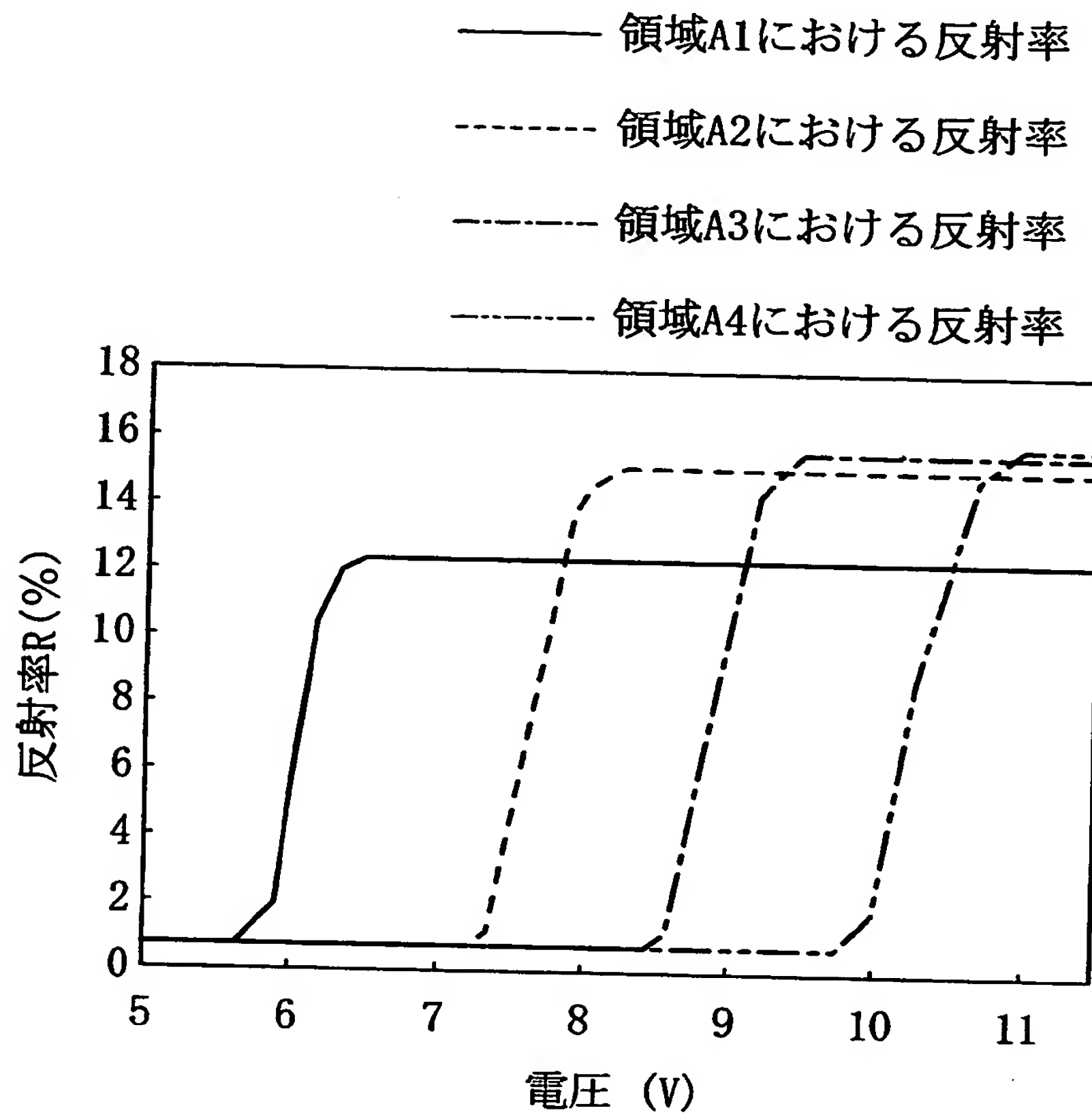
【図 2】



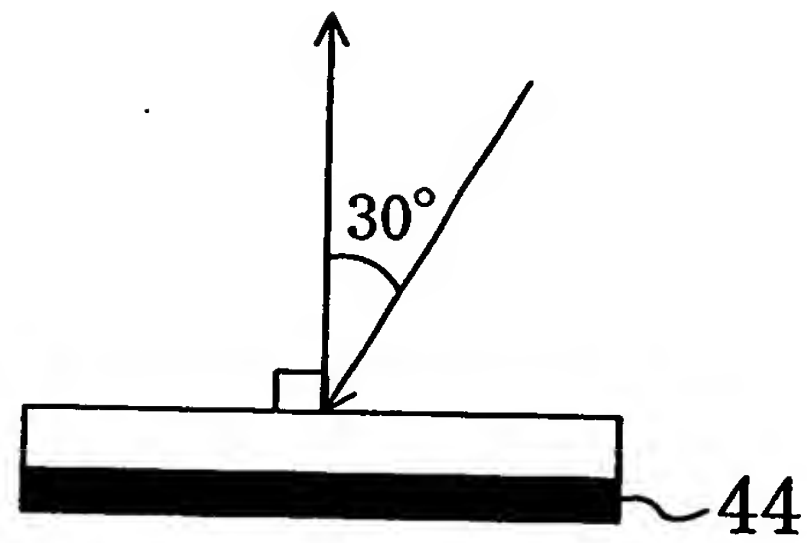
【図 3】



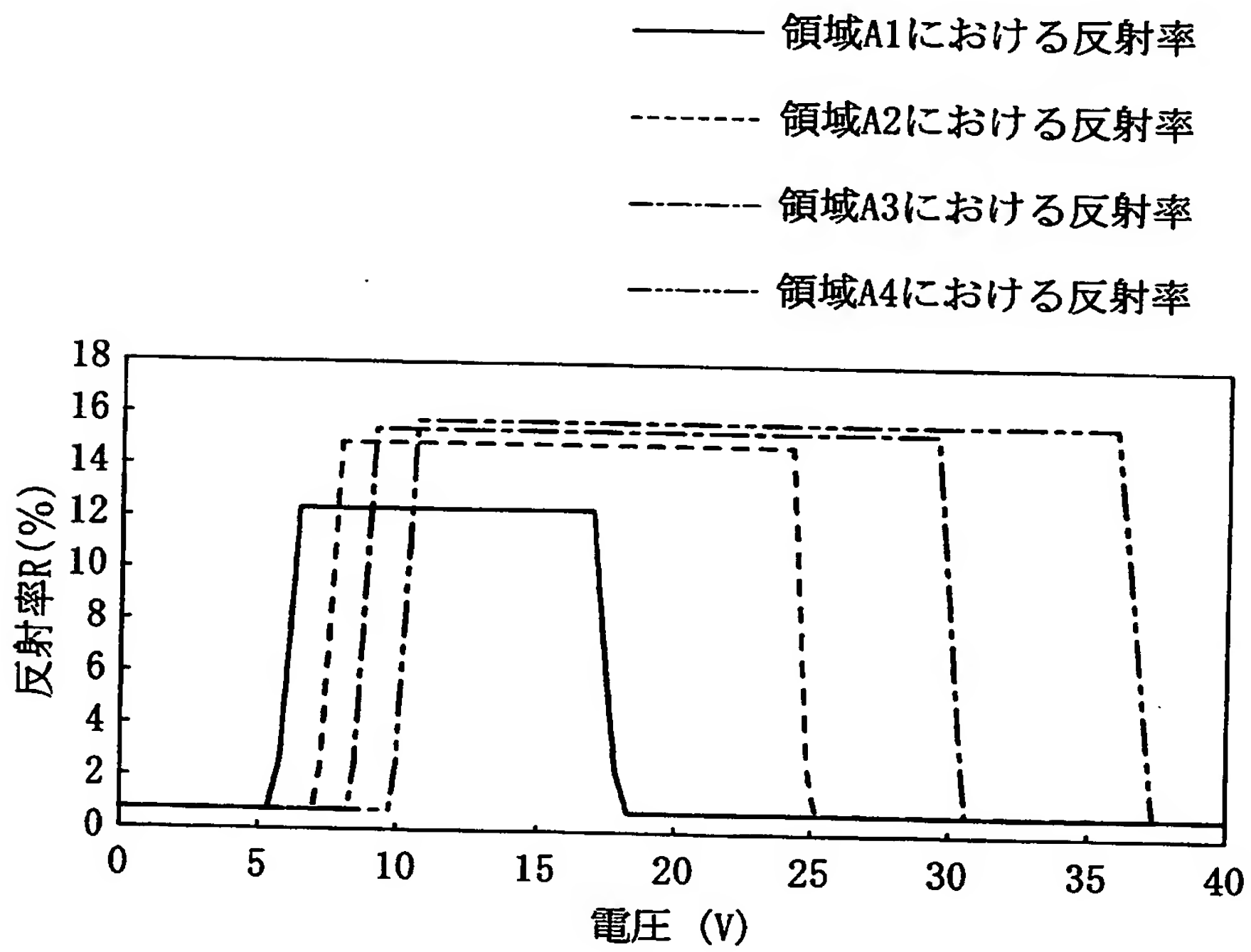
【図 4】



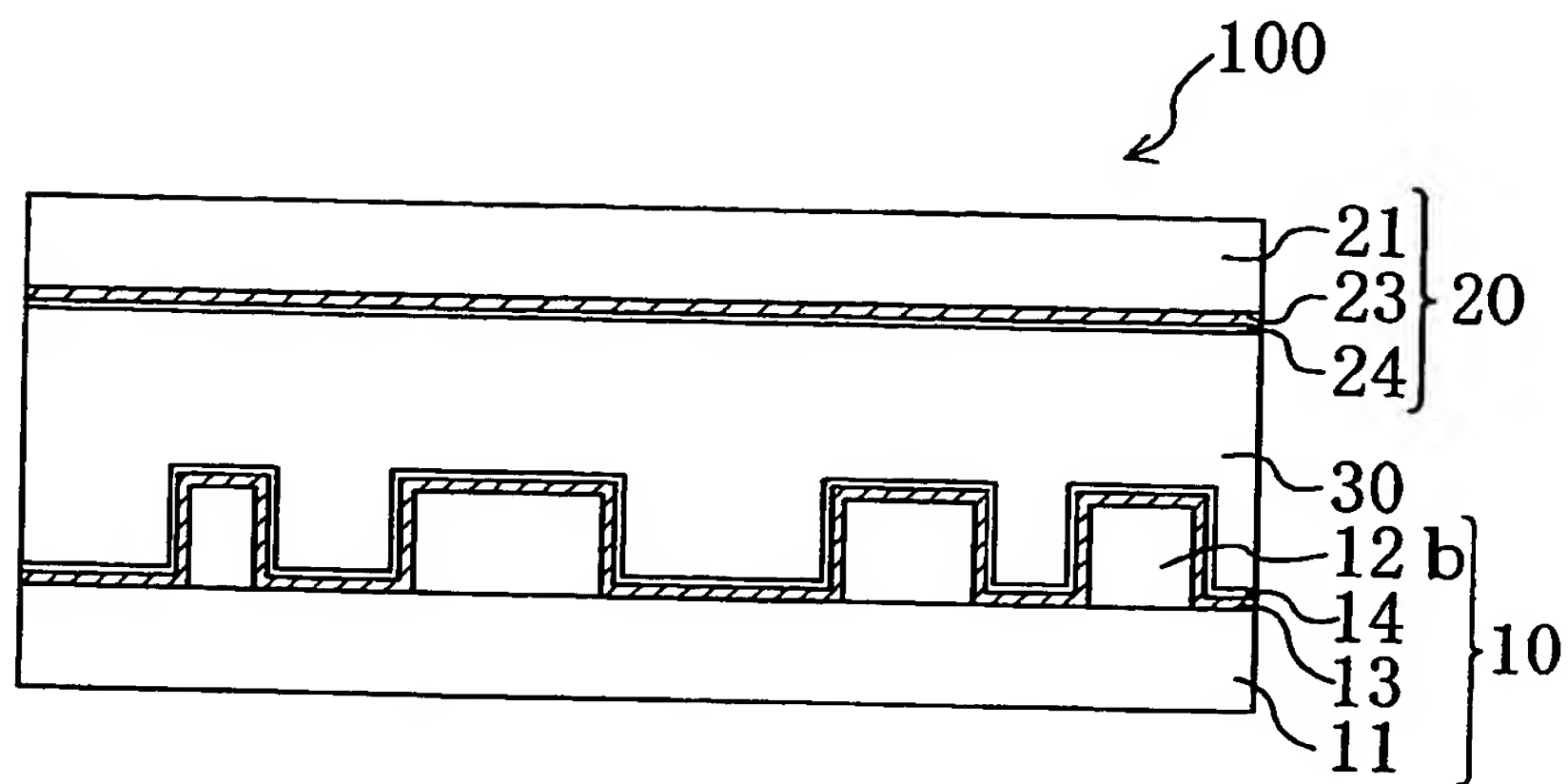
【図 5】



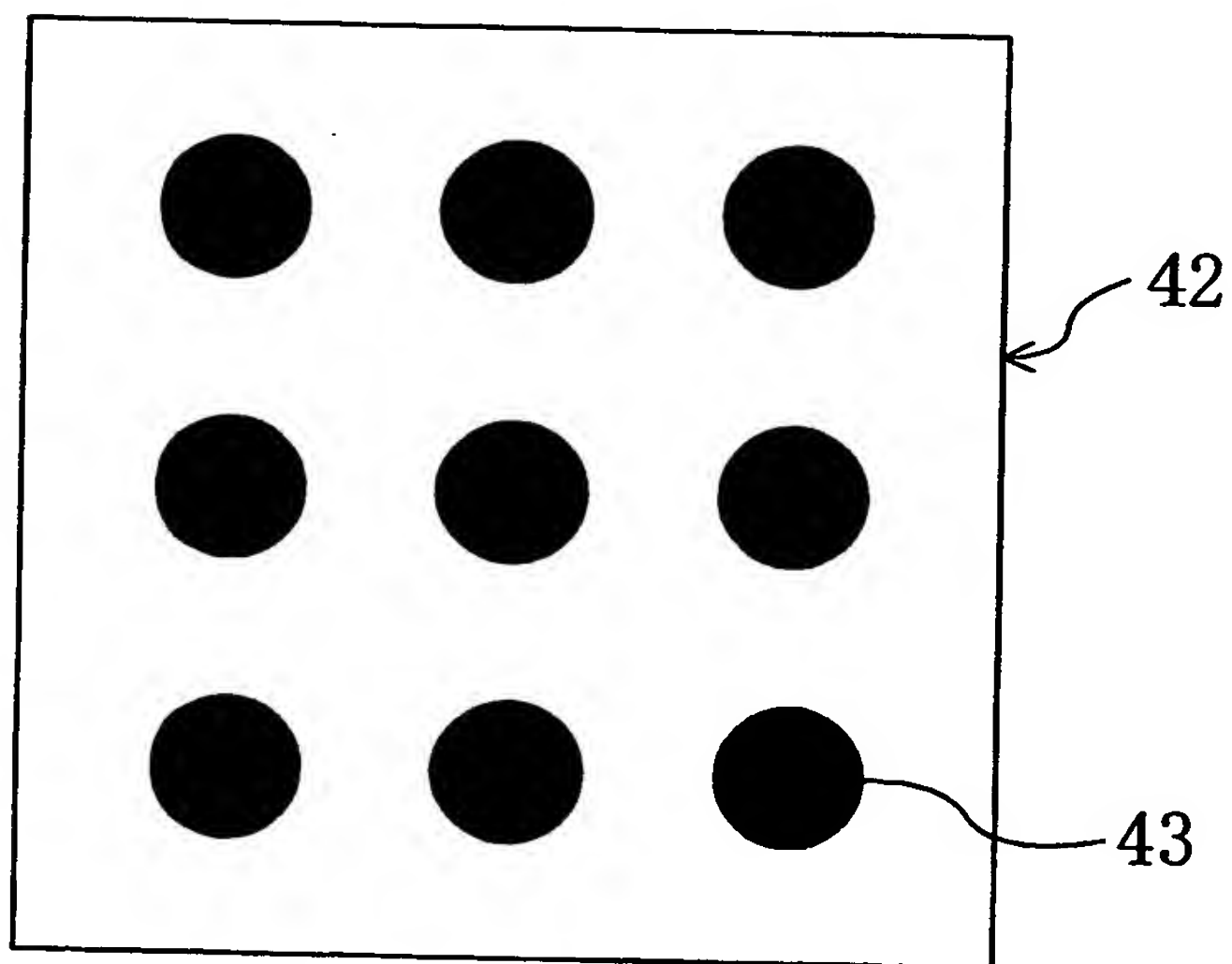
【図 6】



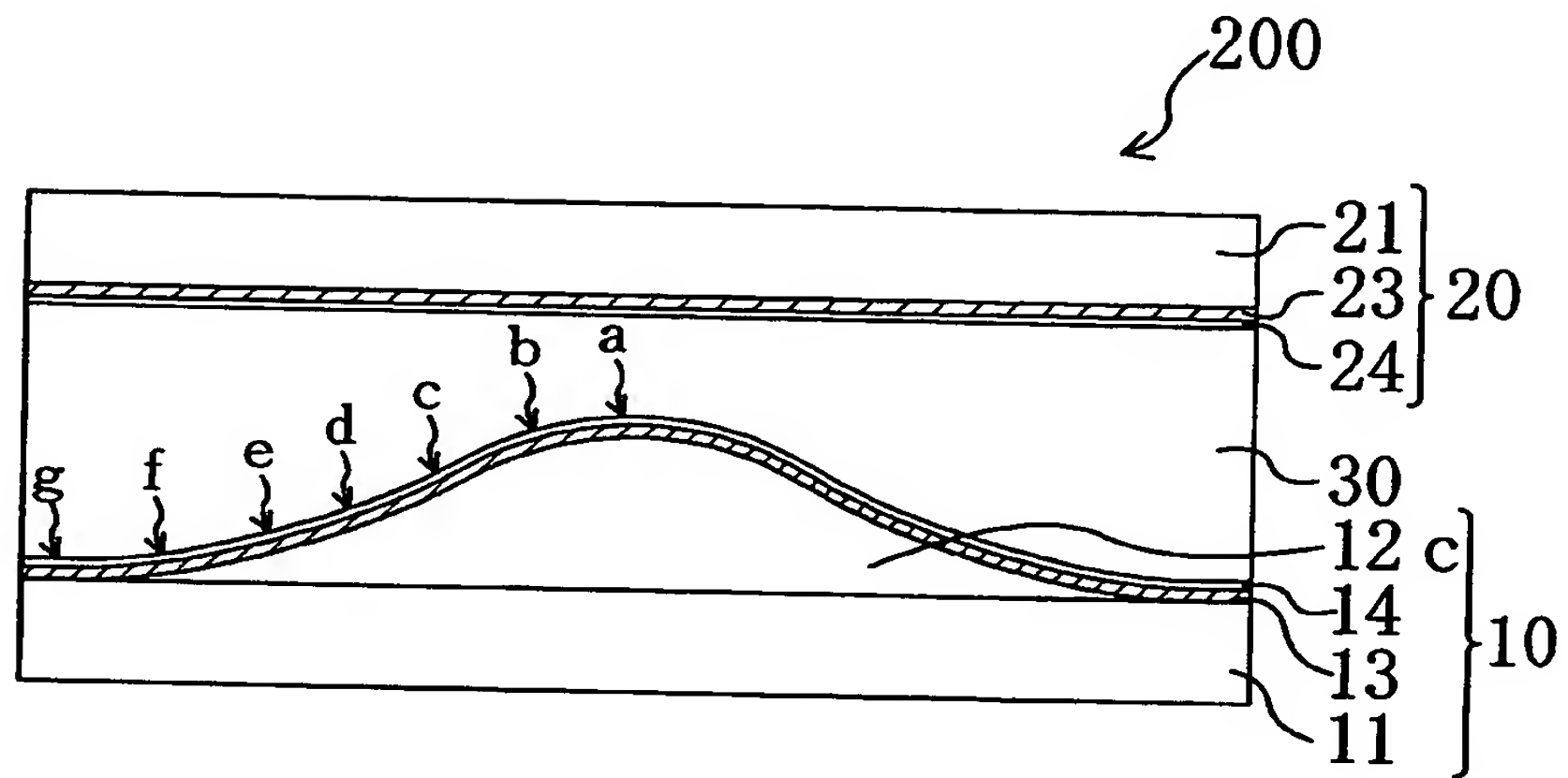
【図 7】



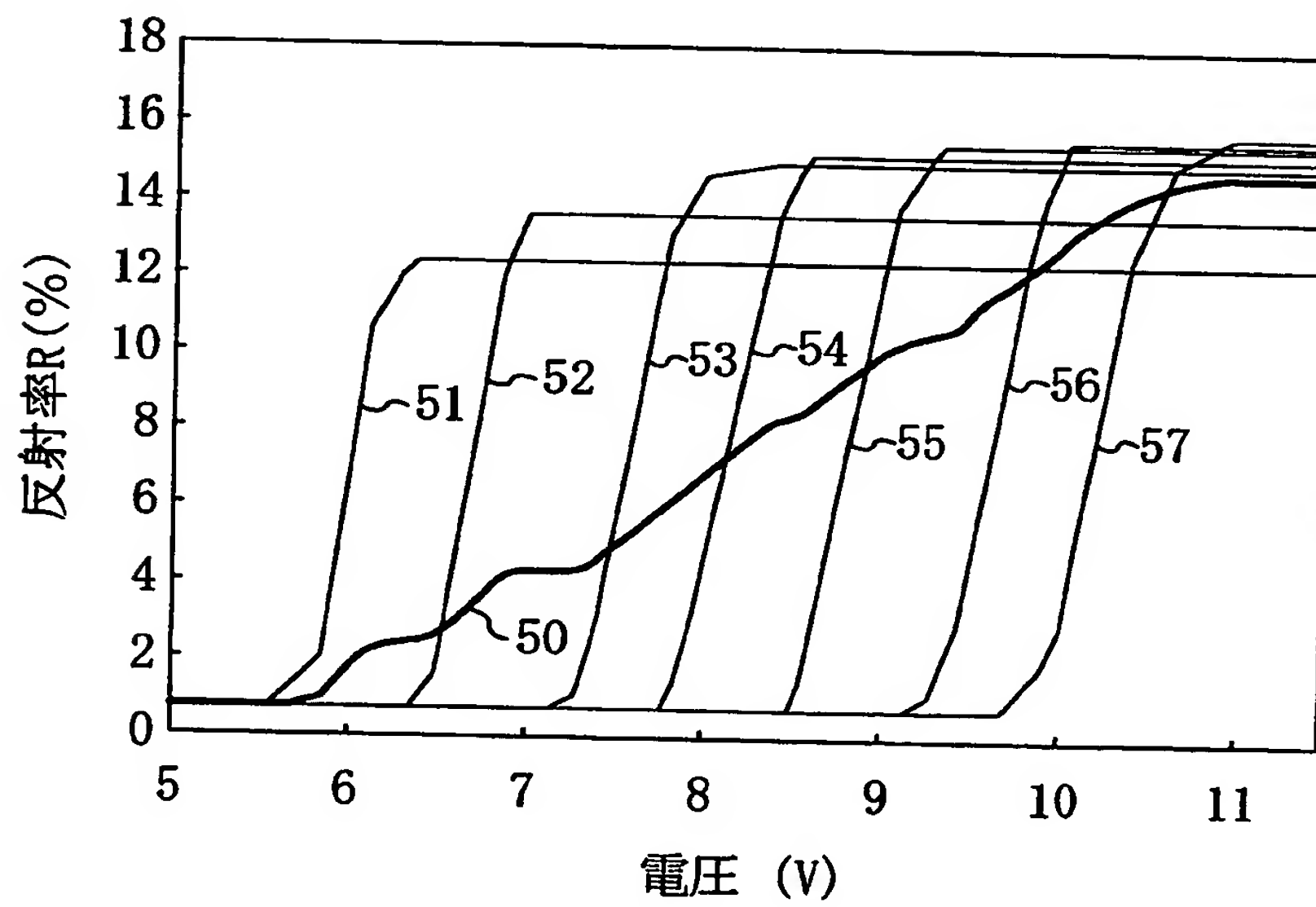
【図 8】



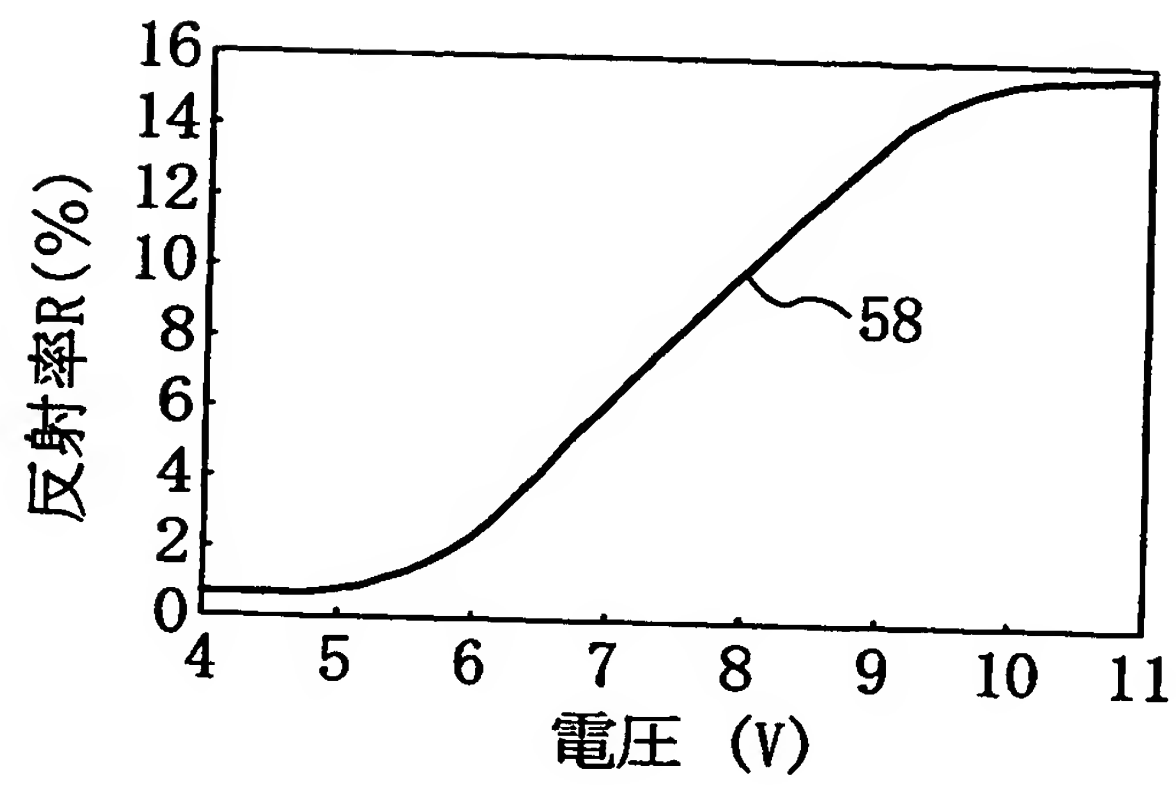
【図 9】



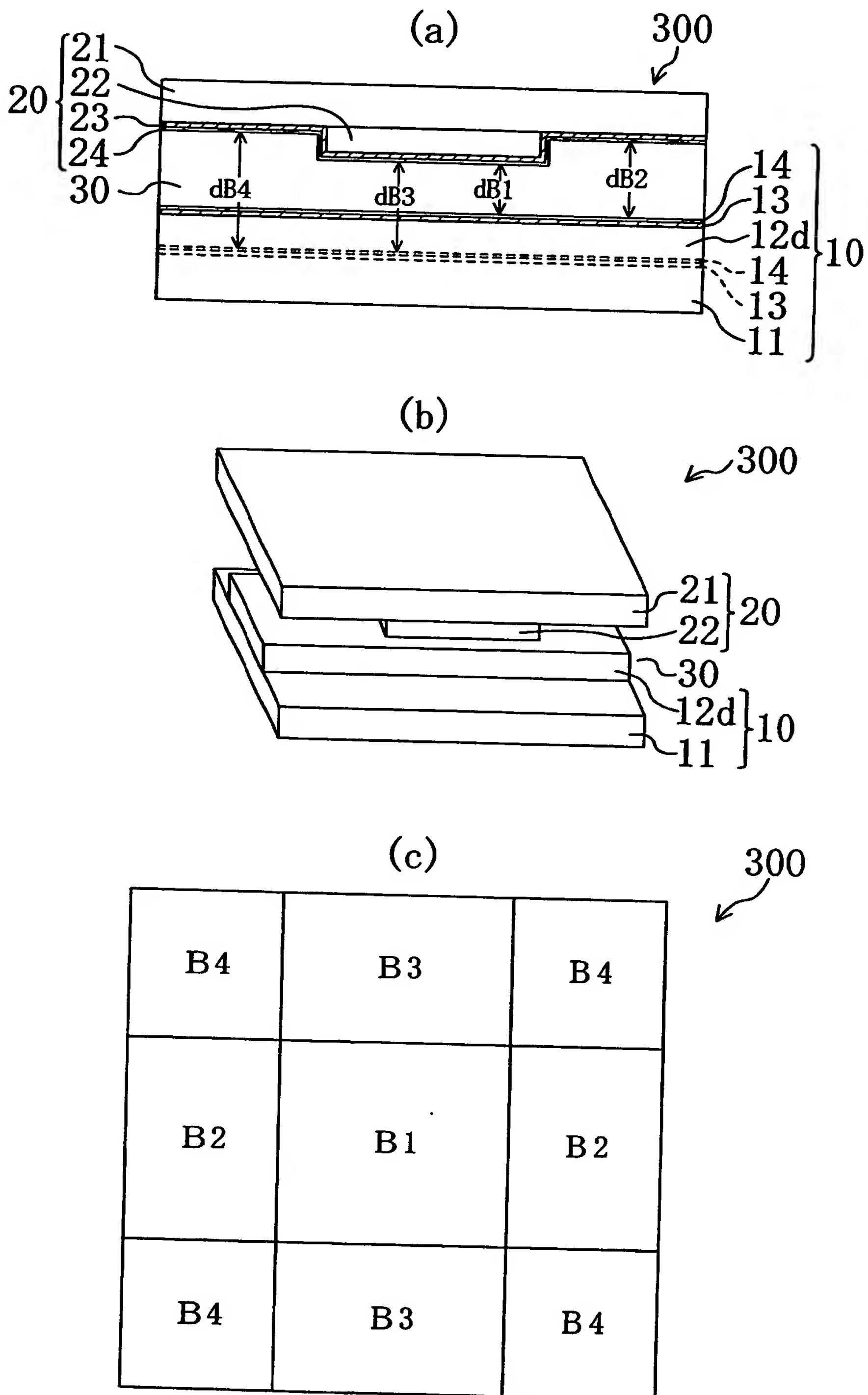
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 中間調表示および多階調表示が可能な液晶表示素子を提供する。

【解決手段】 液晶層 3 0 と、液晶層 3 0 を挟持するように設けられた一対の基板 1 0 および 2 0 と、マトリクス状に配列された複数の画素とを有する。液晶層 3 0 は、らせん構造を有し、印加電圧に応じて少なくともプレーナー状態およびフォーカルコニック状態の 2 つの安定な状態を呈し、複数の画素のそれぞれにおいて、液晶層 3 0 の厚さ d は少なくとも 2 つの互いに異なる値を有し、且つ、液晶層 3 0 はプレーナー状態からフォーカルコニック状態へ転移させる第 1 しきい値電圧の値が互いに異なる少なくとも 2 つの領域を有する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名 シャープ株式会社